

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Juni 2006 (15.06.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/061058 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04R 19/00 (2006.01)

[AT/AT]; Handelsstr. 54, A-8052 Graz (AT). **SCHREMS, Martin** [AT/AT]; Präbach 116, A-8063 Eggersdorf (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/010974

(74) **Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Oktober 2005 (12.10.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102004058879.1
6. Dezember 2004 (06.12.2004) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AUSTRIAMICROSYSTEMS AG** [AT/AT]; Schloss Premstätten, A-8141 Unterpremstätten (AT).

(72) **Erfinder; und**

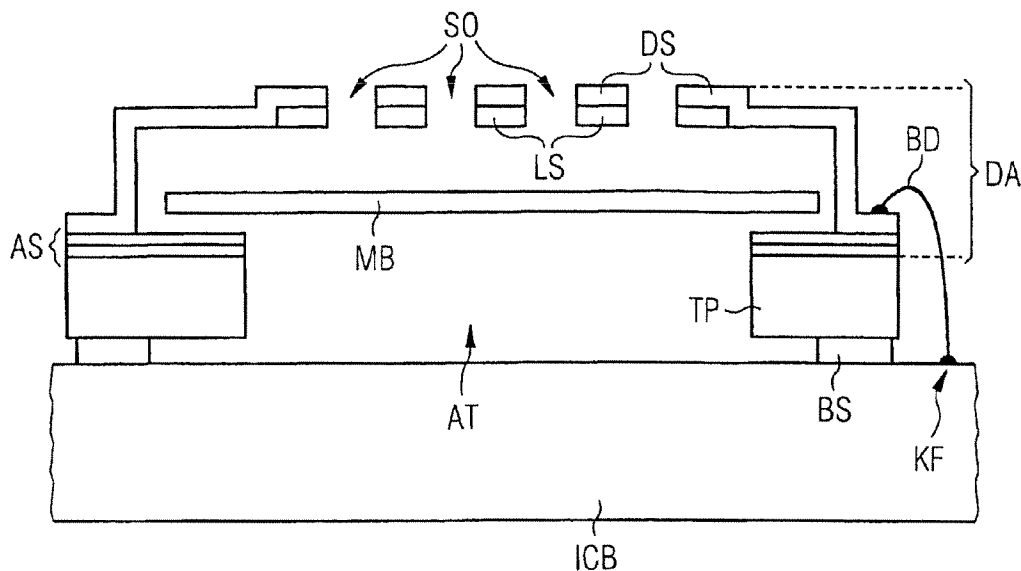
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **SCHRANK, Franz**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** MEMS MICROPHONE AND METHOD FOR PRODUCING SAID MICROPHONE

(54) **Bezeichnung:** MEMS-MIKROFON UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to the bonding of an MEMS microphone to the surface of an IC component containing at least one integrated circuit, which is suitable for preparing and processing the electric signals that are supplied by the MEMS microphone. The entire component is easy to produce and has a compact, space-saving construction. The microphone can be produced in a simple, reliable manner.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird vorgeschlagen, ein MEMS-Mikrofon auf die Oberfläche eines IC-Bauelements zu bonden, in dem zumindest eine integrierte Schaltung enthalten ist, die zur Aufbereitung und Verarbeitung des vom MEMS-Mikrofon gelieferten elektrischen Signals geeignet ist. Das gesamte Bauelement ist einfach herzustellen und weist einen kompakten und platzsparenden Aufbau auf. Die Herstellung gelingt in einfacher und sicherer Weise.

WO 2006/061058 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Beschreibung

MEMS-Mikrofon und Verfahren zur Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Mikrofon in MEMS-Bauweise (Micro Electro Mechanical System), welches als miniaturisiertes Bauelement mittels Dünnschichtverfahren auf der Oberfläche eines Substrates hergestellt werden kann.

Ein Mikrofon in MEMS-Bauweise ist beispielsweise aus US 5,490,220 A bekannt. Zur Herstellung eines solchen Mikrofons wird auf einem Substrat ein Dünnschichtaufbau erzeugt, der zumindest eine in den Dünnschichtaufbau eingebettete Membran umfasst, die in einem späteren Verfahrensschritt aus ihrer Einbettung befreit, indem die sie umhüllenden beziehungsweise einschließenden Schichten durch Ätzen entfernt werden.

Das Funktionsprinzip basiert hier auf einem Kondensator, dessen Kapazität mit der schwingenden Membran variiert. Dementsprechend ist neben der Membran noch eine weitere leitfähige Schicht als Gegenelektrode vorgesehen, die innerhalb des gleichen Schichtaufbaus verwirklicht sein kann.

Zur Signalverarbeitung eines solchen MEMS-Mikrofones sind integrierte Schaltung in Form von Halbleiterbauelementen erforderlich, wobei bekannte MEMS-Mikrofone typisch in ein gemeinsames Package eingebaut sind und so Hybridbauelemente darstellen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein MEMS-Mikrofon zusammen mit einem IC-Bauelement in einem Modul zu integrieren. In allen Fällen werden jedoch Mikrofone erhalten, die eine relativ große Silizium- beziehungsweise Halb-

leiterfläche benötigen und die daher nur aufwendig gehäust oder in ein Package eingearbeitet werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Mikrofon in MEMS-Bauweise anzugeben, welches einen kompakten Aufbau aufweist und einfach herzustellen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Mikrofon mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zur Herstellung des Mikrofons sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung gibt ein Mikrofon an, welches einen Dünnschichtaufbau aufweist, der auf einer Trägerplatte aufgebracht ist und zumindest eine elektrisch leitende Membran umfasst, die auf beiden Seiten frei schwingend in einem freien Volumen angeordnet ist. Im Abstand zur Membran ist eine leitfähige Schicht angeordnet, die zusammen mit der Membran einen Kondensator ausbildet. Die Trägerplatte wiederum ist mit einem eine integrierte Schaltung umfassenden IC-Bauelement, auf dem sie aufsitzt, mechanisch fest verbunden. Der aus Membran und leitfähiger Schicht gebildete Kondensator ist elektrisch mit der integrierten Schaltung verbunden.

Die Verbindung zwischen Trägerplatte und IC-Bauelement ist vorzugsweise eine Waferbondverbindung. Dies erlaubt eine integrierte Fertigung des MEMS-Mikrofons zusammen mit dem IC-Bauelement auf Waferebene. Das so erhaltene Bauelement ist kompakt und gut handhabbar. Da das IC-Bauelement praktisch eine Bodenplatte des Mikrofons darstellt, sind mit dieser Form der Anordnung die mechanisch empfindlichen Teile insbesondere die Membran des Mikrofons weitgehend geschützt. Für das Mikrofon wird kein weiteres Trägersubstrat benötigt, da

die nötige Stabilität durch das IC-Bauelement gewährleistet ist. Gleichzeitig ist es möglich, die Größe des Gesamtbauelements so zu reduzieren, dass sie geringer ist als die Summe getrennt handhabbarer Komponenten wie dem mikromechanischen Bauteil und dem IC-Bauelement. Dies ermöglicht eine weitere Miniaturisierung und damit verbunden eine Kosteneinsparung.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist sowohl die Membran als auch die elektrisch leitfähige Schicht aus dotiertem Polysilizium ausgebildet. Damit wird in einfacher Weise eine elektrisch leitfähige Membran erhalten, die keine zusätzliche leitfähige Beschichtung erfordert. Die mechanischen Eigenschaften von Polysilizium sind gut für den gewünschten Einsatzzweck als Membran geeignet. Außerdem lässt sich Polysilizium in einfacher Weise in gewünschter Modifikation in einem kontrollierten Verfahren erzeugen.

Die elektrische Verbindung zwischen der Membran, der leitfähigen Schicht und den entsprechenden Anschlüssen auf der Oberfläche des IC-Bauelements kann über Bunddrähte erfolgen, die metallisierte Kontakten auf der Oberfläche des MEMS-Mikrofons und entsprechende freiliegende Kontakte auf der Oberfläche des IC-Bauelements verbinden.

Bei dieser Ausführungsform kann die Trägerplatte aus einem beliebigen kristallinen, keramischen oder sonstigem harten Werkstoff bestehen, der als Grundlage für den Dünnschichtaufbau dienen kann. Vorzugsweise besteht die Trägerplatte jedoch aus einem Material, welches in an sich bekannten Standardverfahren der Mikrosystemtechnik oder der Mikroelektronik erzeugt und strukturiert werden kann. Vorzugsweise ist die Trägerplatte daher aus Silizium. Möglich ist es jedoch auch,

diese aus Glas, einem anderen Halbleiter oder einem anderen kristallinen Substrat zu fertigen.

In einer zweiten Ausführungsform weist das erfindungsgemäße Mikrofon keine Bonddrähte auf. Vielmehr ist der Schichtaufbau auf einer elektrisch leitfähig eingestellten Trägerplatte angeordnet, die mit Membran und leitfähiger Schicht einerseits sowie mit den Anschlussflächen am IC-Bauelement andererseits elektrisch leitend verbunden ist. Durch entsprechende Strukturierung der Trägerplatte werden elektrisch leitende Verbindungen geschaffen, die zwei elektrisch voneinander getrennte Anschlüsse für den das Mikrofon bildenden Kondensators darstellen.

Die elektrisch leitende Verbindung zwischen Membran und elektrisch leitender Trägerplatte einerseits sowie zwischen elektrisch leitender Schicht und Trägerplatte andererseits kann durch Polysiliziumstrukturen ausgebildet sein, die im Dünnschichtaufbau integriert sind.

Im erfindungsgemäßen Mikrofon ist die Membran über einer Ausnehmung der Trägerplatte angeordnet. Nach oben hin ist die Membran mit einer im Abstand zu ihr angeordneten starren Deckschicht überdeckt, die vorzugsweise innen mit der leitfähigen Schicht beschichtet ist und Schalleintrittsöffnungen aufweist. Die Membran ist vorzugsweise nur über ihre elektrische Zuleitung mit dem Dünnschichtaufbau fest verbunden. Im übrigen Bereich kann die Membran frei auf der Trägerplatte aufliegen. Durch geeignete Abstandsstrukturen wird die Membran in einem gewünschten Abstand zur Deckschicht und damit zur elektrisch leitenden Schicht gehalten.

Durch diese lose Halterung der Membran werden einerseits herstellungsbedingte Spannungen in der Membran vermieden und andererseits ein leichtes Anschwingen der Membran unter Einwirkung von Schallwellen ermöglicht. Die Deckschicht ist integriert im Dünnschichtaufbau ausgebildet und schützt die mechanisch empfindliche Membran von oben. Die Schalleintrittsöffnungen darin können mit z.B. runden und relativ zur Fläche der Membran gesehen kleinen Öffnungen ausgebildet werden.

Die Ausnehmung in der Trägerplatte unterhalb der Membran ermöglicht ein freies Schwingen der Membran nach unten, schafft gleichzeitig ein freies Volumen zum Druckausgleich. Nach unten ist die Ausnehmung vom IC-Bauelement verschlossen.

Die Verbindung der Trägerplatte zum IC-Bauelement erfolgt durch Waferbonden, vorzugsweise durch ein Waferbondverfahren, welches bei relativ niedrigen Temperaturen von z.B. unterhalb 400 Grad Celsius durchgeführt werden kann. Ein geeignetes Verfahren ist beispielsweise eutektisches Bonden, bei dem durch Inkontaktbringen und Aufschmelzen zweier geeigneter unterschiedlicher Materialsichten an der Grenzfläche ein bei niedrigerer Temperatur als die Einzelmaterialien schmelzendes Eutektikum gebildet wird, welches die mechanische Verbindung von Trägerplatte und IC-Bauelement gewährleistet.

Die Verbindung zwischen Trägerplatte und IC-Element kann großflächig erfolgen. Möglich ist es jedoch auch, die Verbindung nur an bestimmten Stellen vorzusehen, die so über die Oberfläche des IC-Bauelements verteilt sind, dass zum Einen sowohl eine mechanisch stabile Verbindung, als auch zum Anderen in der Variante ohne Bonddrähte die entsprechenden elektrischen Verbindungen gegeneinander isoliert hergestellt werden können.

Als elektrisch leitendes Material für die Trägerplatte wird vorzugsweise dotiertes Silizium eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass bei Verwendung eines IC-Bauelements aus Silizium gleiche Materialien durch das Waferbonden verbunden werden können, sodass herstellungsbedingte thermische Verspannungen zwischen IC-Bauelement und Trägerplatte minimiert sind.

Eine bevorzugte Verbindung zwischen Trägerplatte und IC-Bauelement erfolgt über ein Eutektikum, welches aus Silizium und Gold gebildet wird. Doch sind auch andere Eutektika als Verbindungsmaterialien geeignet, die die nötige elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Ebenso sind prinzipiell auch andere Verbindungstechnologien geeignet. Für die erfindungsgemäße Ausführungsform mit Bonddrähten sind eine Anzahl weiterer Materialien zur Herstellung der Verbindung zwischen Trägerplatte und IC-Bauelement geeignet.

Das IC-Bauelement umfasst zumindest eine integrierte Schaltung, die zur Aufbereitung und Verarbeitung der vom Mikrofon gelieferten elektrischen Messsignale geeignet ist. Dementsprechend ist im IC-Bauelement eine Schaltung realisiert, die ein Ausgangssignal liefert, das von der Kapazität des durch das Mikrofon gebildeten Kondensators abhängig ist. Dies kann ein von der Kapazität abhängiger Strom oder vorzugsweise eine von der Kapazität abhängige Spannung sein. Die integrierte Schaltung kann dabei das Ausgangssignal in z.B. linearer oder beliebiger anderer Abhängigkeit vom Messsignal erzeugen.

Das IC-Bauelement kann auch einen Analog-Digitalkonverter umfassen, sodass das über die variierbare Kapazität gelieferte Messsignal vom IC-Bauelement als digitales Ausgangssignal ausgegeben werden kann. Im IC-Bauelement kann außerdem ein

Verstärker integriert sein, der es ermöglicht, das Ausgangssignal des IC's beispielsweise direkt ohne Zwischenschaltung eines weiteren Verstärkers auf einen Lautsprecher zu geben. Möglich ist es jedoch auch, das Ausgangssignal einem Speichermedium oder einer Datenleitung zuzuführen.

Im Folgenden wird die Erfindung und insbesondere das Herstellungsverfahren für das erfindungsgemäße Mikrofon anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Die Figuren dienen allein der Veranschaulichung der Erfindung und sind daher nur schematisch und nicht maßstabsgetreu ausgeführt. Gleiche oder gleich wirkende Teile sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt anhand eines schematischen Querschnitts ein erstes Ausführungsbeispiel,

Figur 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel im Querschnitt,

Figur 3 zeigt ein Bauelement in schematischer Draufsicht,

Figur 4 zeigt verschiedene Verfahrensstufen bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen Mikrofons.

Figur 1 zeigt in stark schematisierter und vereinfachter Darstellung ein erstes einfaches Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das Mikrofon gliedert sich vom Aufbau her in einen MEMS-Teil, der separat als MEMS-Bauelement gefertigt ist, sowie in das IC-Bauelement ICB. Der vom Prinzip her bekannte MEMS-Aufbau für das Mikrofon ist auf einer Trägerplatte TP angeordnet, auf der zunächst ein Dünnschichtaufbau mithilfe

mikroprozesstechnischer Standardverfahren durch Abscheidung von Standardmaterialien und nachträgliche Strukturierung hergestellt wird. Dieser Dünnschichtaufbau umfasst zumindest eine elektrisch leitende Membran MB, die im Dünnschichtaufbau zwischen zwei Opferschichten erzeugt ist, die in einer späteren Verfahrensstufe wieder entfernt werden.

Im Abstand zur Membran ist eine Deckschicht DS angeordnet, die eine leitfähige Schicht LS trägt. Vorzugsweise ist die leitfähige Schicht LS unterhalb der Deckschicht DS angeordnet. Die Deckschicht kann wie dargestellt Teil einer Verkapselung sein, die auf der Trägerplatte TP aufsitzt und die Membran von oben abdeckt. Oberhalb und unterhalb der Membran ist ein entsprechender Freiraum realisiert, der eine unbehinderte Auslenkung der Membran gewährleistet. Unterhalb der Membran ist dazu eine durch die gesamte Trägerplatte reichende Ausnehmung AT vorgesehen. Auch zwischen Membran und mit leitfähiger Schicht bedeckter Deckschicht ist ein freier Abstand eingehalten.

Die Membran selbst kann über der Ausnehmung im gesamten Randbereich auf der Trägerplatte TP aufliegen und ist dort aber an zumindest einem Punkt befestigt. Abgesehen davon kann die Membran frei auf der Trägerplatte aufliegen.

Die oberste Schicht der Trägerplatte TP ist herstellungsbedingt eine Ätzstoppschicht, die auch eine Doppelschicht beispielsweise aus Oxid und Nitrid sein kann. Über der Ausnehmung gelegen, also zentral über der Membran sind in der Deckschicht und der leitenden Schicht Schalleintrittsöffnungen SO vorgesehen, beispielsweise Löcher mit rundem oder eckigem Querschnitt. Die Schalleintrittsöffnungen dienen dem Eintritt von Schall und zum Druckausgleich und sind vorzugsweise

gleichmäßig in der Deckschicht DS im Bereich der Membran verteilt.

Die Trägerplatte wiederum ist fest mit einem IC-Bauelement ICB verbunden, beispielsweise mithilfe von Bondstrukturen BS, die als umlaufender Rahmen auf der Oberfläche des IC-Bauelementes ICB aufgebracht sein können und auf denen die Trägerplatte mit ihren Randbereich aufsitzt.

Möglich ist es jedoch auch, dass die gesamte (plane) Unterseite der Trägerplatte mithilfe von Bondstrukturen mit der Oberfläche des IC-Bauelementes ICB verbunden ist. Die Bondstrukturen sind vorzugsweise durch ein Waferbondverfahren erzeugt und bestehen beispielsweise aus einer Klebstoffschicht oder wie bereits erläutert aus einem Eutektikum, beispielsweise aus einem Silizium-/Gold-Eutektikum. Jedoch sind auch andere Bondstrukturen BS geeignet. Bei Verwendung anderer Bondverfahren ist es auch möglich, ähnliche oder gleichartige Materialien von Trägerplatte und Oberfläche des IC-Bauelementes über eine Bondtechnik zu verbinden, ohne dass sich dabei Bondstrukturen ausbilden.

Das IC-Bauelement enthält zumindest eine integrierte Schaltung, die zur Aufbereitung und Verarbeitung des vom Mikrofon gelieferten Messsignals dienen. Die elektrische Verbindung der beiden Elektroden des Mikrofonkondensators, also der elektrisch leitfähigen Membran und der elektrisch leitfähigen Schicht LS erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel durch Bonddrähte BD. Dazu ist sowohl die Membran als auch die leitfähige Schicht an einer in der Figur nicht dargestellten Stelle auf die Oberfläche des Schichtaufbaus herausgeleitet beziehungsweise an einer geeigneten Stelle freigelegt und dort mit einem Bonddrahts BD verbunden. Das andere Ende des Bonddrahts

ist mit den entsprechenden Kontaktflächen auf der Oberfläche des IC-Bauelementes verbunden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist als Trägerplatte ein Silizium-Wafer verwendet, der vor dem Aufbringen auf das IC-Bauelement noch gedünnt wird. Der Dünnschichtaufbau umfasst neben der Ätzstoppschicht die Membran und die leitfähige Schicht, die jeweils aus Polysilizium ausgebildet sind. Die Deckschicht und die Verkapselung, in die die Deckschicht integriert ist, sind vorzugsweise aus Siliziumnitrit ausgebildet. Darüber hinaus sind für die Trägerplatte noch andere strukturierbare kristalline, keramische oder Glasmaterialien geeignet, sofern sie mit Mikrostrukturierungsverfahren bearbeitbar sind.

Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel die elektrische Verbindung zwischen Membran, leitfähiger Schicht und IC-Bauelement über eine elektrisch leitfähig eingestellte Trägerplatte TP erfolgt. In der Figur sind zwei vertikale Verbindungsstrukturen VS1 und VS2 zur elektrischen Anbindung an die leitfähige Schicht LS beziehungsweise an die Membran MB dargestellt. Die elektrisch leitende Verbindung zwischen der Trägerplatte und gegebenenfalls mehreren leitfähigen Schichten erfolgt durch Polysiliziumstrukturen SS1 beziehungsweise SS2, die integriert in Dünnschichtaufbau miterzeugt und dabei in isolierendes Oxid eingebettet sind.

Die Verbindungsstrukturen VS1 und VS2 sind elektrisch voneinander getrennt und aus dem Material der Trägerplatte heraus strukturiert. Dabei ist es möglich, nur eine dieser beiden Verbindungsstrukturen separat herzustellen und als zweite Verbindungsstruktur den gesamten übrigen Bereich der Träger-

platte TP zu verwenden. Dementsprechend kann die Verbindungsstruktur eine beliebige Grundfläche in der Trägerplatte TP einnehmen. In der Figur sind zwei jeweils für sich isolierte Verbindungsstrukturen dargestellt. Für die Kontaktierung sind wegen der elektrisch leitfähigen im Bondverfahren hergestellten Bondstrukturen BS kein nachträgliches Drahtbonds mehr erforderlich. In der Figur 2 sind außerdem insbesondere aus dem Material der Deckschicht bestehende Stützstrukturen ST dargestellt, die die mechanische Stabilität des gesamten Dünnschichtaufbaus unterstützen.

Figur 3 zeigt wesentliche Komponenten eines erfindungsgemäßen Mikrofons in schematischer Draufsicht. Gemäß der Figur ist die nach Herstellung der Ausnehmung verbleibende Trägerplatte TP in Form eines Rahmens mit runder Öffnung strukturiert. Die darauf aufliegende Membran kann innerhalb des Rahmens frei schwingen. Oberhalb der vom Rahmen umschlossenen Ausnehmung AT sind die Schallöffnungen SO innerhalb der Deckschicht angeordnet.

Die Außenabmessungen des IC-Bauelementes ICB sind beliebig und sollten nur an einer Seite mit einem Rand an der Trägerplatte TP überstehen, auf dem dann die Außenkontakte des IC-Bauelementes ICB angeordnet werden können. So wird insgesamt eine äußerst platzsparende Anordnung erhalten. Durch die Nutzung des IC-Bauelements als mechanisch stabilisierendes Element für den MEMS-Aufbau ist das erfindungsgemäße Bauelement gegenüber einer bloßen Kombination aus IC-Bauelement und MEMS-Mikrofon, beispielsweise auf einem gemeinsamen Substrat oder Modul angeordnet bzw. integriert, äußerst platzsparend und wegen der kurzen elektrischen Verbindungen auch besonders verlustarm.

Figur 4 zeigt anhand schematischer Querschnitte verschiedene Verfahrensstufen bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen Mikrofons gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, wie es in Figur 2 dargestellt ist.

Figur 4A zeigt das MEMS-Bauelement mit einem noch kompakten Dünnschichtaufbau DA direkt nach Abscheidung und Strukturierung der entsprechenden Schichten. Auf der Oberfläche der Trägerplatte TP ist dazu eine Ätzstoppschicht AS als Doppelschicht aus einer Oxid- und einer Nitrit-Schicht aufgebracht. In der Ätzstoppschicht AS sind zumindest zwei Öffnungen vorgesehen, in denen die Polysiliziumstrukturen SS1 und SS2 mit der Oberfläche der elektrisch leitenden Trägerplatte, insbesondere einem dotierten Silizium-Wafer in Kontakt treten können. Die Polysiliziumstrukturen sind beispielsweise durch Auffüllen entsprechender Öffnungen im Schichtaufbau erzeugt. Des Weiteren umfasst der Dünnschichtaufbau DA zumindest eine untere Pufferschicht PS1 zwischen der Ätzstoppschicht und der Membran MB sowie eine obere Pufferschicht PS2 zwischen der Membran und der Deckschicht DS. Den später frei schwingenden Bereich der Membran MB umlaufend sind Stützstrukturen ST vorgesehen, die aus dem gleichen Material wie die Deckschicht DS aufgebaut sind, insbesondere aus Siliziumnitrid.

Im zentralen Bereich der Membran MB ist auf der oberen Pufferschicht PS2 die leitfähige Schicht und schließlich ganz abdeckend die Deckschicht DS angeordnet. Dort sind auch durch Strukturierung von Deckschicht und leitfähiger Schicht LS Schalleintrittsöffnungen SO erzeugt, in denen das Oxid der Pufferschicht PS2 freigelegt ist. Die im Randbereich des Dünnschichtaufbaus angeordneten Polysiliziumstrukturen SS sind ebenfalls in Oxid OX eingebettet und von der großflächig aufgetragenen Deckschicht DS überdeckt. Vorzugsweise wird als

Trägerplatte ein großflächiger Wafer eingesetzt, auf dem gleichzeitig und parallel zum dargestellten MEMS-Aufbau eine Vielzahl weiterer gleichartiger Aufbauten erzeugt und auf einer späteren Stufe vereinzelt werden.

Im nächsten Schritt kann eine Dünnung des die Trägerplatte bildenden Wafers erfolgen, vorzugsweise durch ein mechanisches Schichtabtragverfahren, insbesondere durch Schleifen und/oder Ätzen. Dies ist möglich, da der kompakte Schichtaufbau DA die mechanische Stabilität des Wafers der Trägerplatte erhöht. Figur 4B zeigt die Anordnung nach dem Dünnen.

Im nächsten Schritt kann optional ganzflächig eine Planarisierungsschicht PL aufgebracht und gegebenenfalls planarisiert werden. Dies kann beispielsweise eine Resistschicht oder ein vorzugsweise flüssig aufzubringendes Harz sein, beispielsweise ein Epoxidharz. Auf der planen Oberfläche der Planarisierungsschicht PL wird anschließend als Zwischenschicht eine Ablösefolie ABL aufgebracht. Diese erfüllt zwei Funktionen. Zum Einen dient sie dazu, die Verbindung zu einem Hilfswafer HW herzustellen und andererseits dient sie als Releasefolie (Ablösefolie), die ein leichtes Ablösen des Hilfswafers HW in einem späteren Schritt ermöglicht. Beispielsweise ist die Ablösefolie ABL eine Klebefolie, auf die ein Hilfswafer HW aufgeklebt wird. Figur 4B zeigt die Anordnung nach diesem Schritt.

Figur 4D zeigt den bereits mit dem Hilfswafer HW verbundenen Aufbau, dessen Festigkeit und Adhäsion durch entsprechenden Anpressdruck und gegebenenfalls durch Erhöhen der Temperatur während des Aufklebens verstärkt werden kann. Der Hilfswafer HW dient allein zur besseren Handhabung des Aufbaus und zur Stabilisierung des durch die spätere Strukturierung mecha-

nisch empfindlicher werdenden Systems. Er kann daher aus einem beliebigen mechanisch stabilen Material bestehen, welches die Bearbeitungsschritte unbeschädigt übersteht und keine Wechselwirkungen mit den genannten Verfahren zeigt. Der Hilfswafer kann daher zum Beispiel eine Glasplatte, ein weiterer Siliziumwafer oder ein beliebiges anderes festes Material sein. Prinzipiell ist jedoch für das Verfahren kein Hilfswafer und damit auch keine Planarisierungsschicht erforderlich.

In einer möglichen Variante des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens erfolgt die Dünnung der Trägerplatte TP erst nach dem Aufbringen des Hilfswafers, sodass die Stabilität des Aufbaus während des Dünnungsverfahrens erhöht ist und so eine Dünnung der Trägerplatte TP (Wafer) auf eine geringere Schichtdicke ermöglicht wird.

Im nächsten Schritt erfolgt die Strukturierung der Trägerplatte TP. Dazu wird auf der Unterseite der Trägerplatte eine Ätzmaske AM aufgebracht und strukturiert, beispielsweise eine Ätzmaske aus Resist oder eine Hartmaske, die mittels eines Fotoresist strukturiert ist. Figur 4E zeigt den Aufbau mit Ätzmaske AM.

Vorzugsweise durch tiefes reaktives Ionenätzen (DRIE) wird nun das Siliziummaterial der Trägerplatte TP in dem von der Ätzmaske AM unbedeckten Bereichen geätzt. Die unterste Schicht des Dünnschichtaufbaus, die Ätzstoppschicht AS stoppt den Prozess selektiv, sobald sie in den Öffnungen freigelegt ist. Mithilfe dieser Strukturierung wird sowohl die Ausnehmung AT unterhalb des zentralen Bereichs der Membran, als auch isolierende Gräben IG herausgebildet, mit denen die vertikalen Verbindungsstrukturen VS1 und VS2 gegen den Rest der

Trägerplatte TP isoliert sind. Des Weiteren kann in diesem Strukturierungsschritt ein Strukturierungsgraben SG erzeugt werden, der jedes einzelne Mikrofon ringförmig umläuft und dort die Trägerplatte bereits auf dieser Stufe vollständig auftrennt. Dies hat den Vorteil, dass die Vereinzelung der einzelnen MEMS Mikrophone mit Mikrostrukturierungstechnik und damit wesentlich einfacher und genauer erfolgen kann als mit den üblicherweise zur Vereinzelung eingesetzten Sägeverfahren. Figur 4F zeigt die Anordnung, bei der im Bereich der Ausnehmung AT die Ätzstoppschicht AS freigelegt ist.

Figur 4G zeigt die Anordnung nachdem die Ätzmaske AM beispielsweise durch Strippen oder Abätzen entfernt wurde. Anschließend wird die untere Pufferschicht PS1 durch Ätzen entfernt. Dabei wird die Membran an der Unterseite freigelegt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Verbindung des bisher erzeugten MEMS-Aufbaus mit einem IC-Bauelement in einem Waferbondverfahren. Dazu werden auf der Oberfläche des IC-Bauelements vorzugsweise Auflage- und Kontaktstrukturen erzeugt, die die mechanische und elektrische Verbindung zur Trägerplatte gewährleisten. Beim bevorzugt verwendeten eutektischem Waferbonden ist dies eine Bondstruktur BS, die zur Ausbildung eines Eutektikums mit dem Material der Trägerplatte TP geeignet ist. Auch das IC-Bauelement ICB wird als Bauelementarray auf Waferebene mit einer den MEMS-Aufbauten entsprechenden Bauelementverteilung im Wafer zur Verfügung gestellt. Auf die Bondstrukturen wird nun die Trägerplatte passgenau aufgesetzt und durch Temperaturerhöhung und Druck verbunden, wobei sich in der bevorzugten Ausführung das Eutektikum ausbildet. Figur 4I zeigt die Anordnung nach dem Waferbonden.

Die Bondstrukturen BS sind nach dem Waferbondverfahren in ein Eutektikum EU umgewandelt, welches elektrisch leitende Eigenschaften aufweist und insbesondere einen elektrisch leitenden Kontakt zwischen der (nicht dargestellten) Kontaktfläche auf der Oberfläche des IC-Bauelements ICB und der vertikalen Verbindungsstruktur VS herstellt und damit die elektrische Anbindung von Membran und leitfähiger Schicht über die genannten Strukturen an das IC-Bauelement gewährleistet.

Des Weiteren ist aus Figur 4I ersichtlich, dass Teile der strukturierten Trägerplatte nicht in direktem Kontakt mit Bondstrukturen beziehungsweise mit dem IC-Bauelement stehen, sodass in diesem Bereich ein Zwischenraum verbleibt. Dargestellt ist dies für die Bereiche der Trägerplatte, die außerhalb des durch die Strukturgräben SG liegenden Bauelementbereichs liegen. Es handelt sich somit um Bereiche, die zwischen den Strukturgräben einander benachbarter Mikrofoneinheiten liegen.

Im nächsten Schritt wird der nun überflüssig gewordene Hilfswafer HW wieder entfernt, wobei die Ablöseeigenschaften der Ablösefolie ABL ausgenutzt werden. Diese ist beispielsweise so beschaffen, dass sie sich beim Erhitzen auf eine bestimmte Temperatur ablöst und so auch ein einfaches Ablösen des Hilfswafers HW ermöglicht. Reste der Folie können dann abgezogen werden. Die Planarisierungsschicht kann mit einem Lösungsmittel abgelöst werden. Wie aus Figur 4I ersichtlich, werden dadurch die zwischen den Strukturgräben SG liegenden Bereiche der Trägerplatte mit entfernt und damit die MEMS Aufbauten der Mikrofoneinheiten vereinzelt und nur noch durch den durchgehenden Wafer des IC-Bauelements zusammengehalten. Auf dieser Stufe ist es nun möglich, auch die einzelnen Einheiten des IC-Bauelements zu vereinzeln, insbesondere durch

Zersägen. Dabei ist es vorteilhaft, dass die Membran in diesem Stadium noch durch die obere Pufferschicht PS2 fest mit dem verbleibenden Dünnschichtaufbau verbunden ist und daher auch nicht durch die beim Sägeprozess entstehenden Vibrationen beschädigt werden kann.

Die weitere Prozessierung erfolgt nun auf der Basis einzelner Bauelemente. Durch die nun von oben zugänglichen Schalleintrittsöffnungen SO kann nun die obere Pufferschicht PS2 durch Ätzen herausgelöst werden. Dies kann beispielsweise mithilfe hochkonzentrierter Flusssäure (HF fume) erfolgen. Dabei wird der Hohlraum zwischen Deckschicht DS und Membran MB, der seitlich von Stützstrukturen ST begrenzt ist, vollständig geöffnet, sodass die Membran frei in diesen Hohlraum hineinschwingen kann. Die Schwingungsfreiheit nach unten ist im zentralen Bereich der Membran ja bereits durch die Ausnehmung AT gewährleistet. Dennoch bleibt die Membran durch die nur kleine Schalleintrittsöffnungen SO aufweisende Deckschicht geschützt und so vor mechanischer Beschädigung bewahrt.

Da die Membran zumindest teilweise auf der Trägerplatte TP nur lose aufliegt, ist auch ein Druckausgleich zwischen der Ausnehmung AT und dem oberen Freiraum zwischen Membran und Deckschicht möglich, ebenso natürlich durch die Schalleintrittsöffnungen SO nach außen. Das erfindungsgemäße Mikrofon ist nach diesem Schritt nun fertig gestellt und entspricht dem in Figur 2 dargestellten Bauelement.

Die Herstellung der Ausführungsform gemäß Figur 1 erfolgt in analoger Weise, jedoch mit deutlich weniger aufwendigen Verfahrensschritten. Für dieses Ausführungsbeispiel wird auf einer Trägerplatte TP ein Dünnschichtaufbau DA erzeugt, der nur

je eine Polysiliziumschicht für Membran und leitfähige Schicht LS umfasst. Wesentlich ist, dass die Polysiliziumschicht zwischen einer oberen und einer unteren Pufferschicht, insbesondere einer Oxidschicht eingebettet ist, die eine mechanische Fixierung der empfindlichen Membran während der Herstellung ermöglicht. Bei der Strukturierung der Trägerplatte muss dann nur noch die Ausnehmung AT erzeugt werden, vorzugsweise zusätzlich noch die Strukturierungsgräben zur mechanischen Vereinens des MEMS-Aufbaus. Die untere Pufferschicht unterhalb der Membran wird wieder vor dem Verbinden der Trägerplatte mit dem IC-Bauelement entfernt, die obere Pufferschicht zwischen Deckschicht und Membran dagegen erst nach der Vereinzelung der Bauelemente, um die Membran wie im oben beschriebenen Ausführungsbeispiel bei diesem Schritt noch mechanisch zu schützen. Auch hier kann zum Strukturieren der Trägerplatte und insbesondere zu deren Dünnung ein Hilfswafer zur mechanischen Stabilisierung eingesetzt werden.

In beiden Herstellungsvarianten gelingt es, die Polysiliziummembran MB als auch die Deckschicht aus Siliziumnitrid stressfrei in Low-Stress-Schichtzeugungsprozessen zu erzeugen, die den hohen Anforderungen an den Reststress dieser Schichten in MEMS-Mikrofonen genügen. Der Foot-Print, also der Flächenbedarf erfindungsgemäßer Mikrofone kann gegenüber bekannten Bauelementen um bis zu Faktor zwei reduziert werden. Damit verbunden sind auch entsprechend geringere Packungsgrößen und Verpackungen.

Obwohl die Erfindung nur anhand weniger Ausführungsbeispiele erläutert wurde, ist sie selbstverständlich nicht auf diese beschränkt. Als erfindungswesentlich wird für das Bauelement

jedoch die kompakte Bauweise betrachtet sowie die prinzipielle Reihenfolge der Herstellungsschritte.

Insbesondere Herstellung und Aufbau der MEMS-Strukturen, die an und für sich prinzipiell bekannt sind, sind nicht auf die erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt. Auch die integrierte Kontaktierung des Mikrofons über die leitfähig eingestellte Trägerplatte beziehungsweise aus einer leitfähig eingestellten Trägerplatte heraus gebildete vertikale Verbindungsstrukturen ist nur beispielhaft dargestellt, kann in einfacher Weise aber von einem Fachmann beliebig variiert werden. Auch bezüglich der Abmessungen erfindungsgemäßer Mikrofone ist die Erfindung nicht beschränkt. Mit den dargestellten Prozessen gelingt es, Mikrofone mit einem Durchmesser von ca. 500 bis 700 μm zu erzeugen, deren Membran eine Dicke von ca. 1 μm aufweist. Prinzipiell ist es möglich, die Größe des Mikrofons weiter zu verringern, wobei allerdings elektrische Einbußen bezüglich des Messsignals und damit bezüglich der elektrischen Eigenschaften des Mikrofons in Kauf genommen werden müssen. Auch ist mit dem angegebenen Verfahren die Herstellung größerer Mikrofone möglich.

Auch bezüglich der für den Dünnschichtaufbau DA eingesetzten Materialien kann die Erfindung variiert werden. So sind beispielsweise alle Oxidschichten in einfacher Weise durch geeignete Polymere oder bei entsprechendem Aufbau durch ein Opfer-Polysilizium ersetzbar. Das für die Deckschicht eingesetzte Siliziumnitrid kann durch einen beliebig anderes mechanisch stabiles Material ersetzt werden, welches selektiv gegen Oxid ätzbar ist. Für die drahtgebundene Variante gemäß Figur 1 ergeben sich weitere Variationsmöglichkeiten bezüglich der Materialien für die Trägerplatte. Varianten sind auch bezüglich des Hilfswafers möglich. Die Erfindung ist

auch nicht auf ein bestimmtes IC-Bauelement beschränkt, und kann auch bezüglich der durch das IC-Bauelement bereit gestellten Schaltungsfunktionen variiert werden. Auch die für die Strukturierung eingesetzten Verarbeitungsschritte sind nicht auf die angegebenen Prozesse beschränkt und können durch entsprechende gleich wirkende Prozesse ersetzt werden. Die Vereinzelung der Bauelemente, insbesondere das Zerteilen der Trägerplatte kann alternativ auch mechanisch oder mit einem Laser erfolgen, ebenso das Vereinzeln der IC-Bauelement aus dem entsprechenden Halbleiterwafer.

Bezugszeichenliste

TP	Trägerplatte
DA	Dünnschichtaufbau
MB	Membran
PS1, PS2	Pufferschichten
LS	Elektrisch leitfähige Schicht
ICB	IC-Bauelement
IC	Integrierte Schaltung
SO	Schalleintrittsöffnung
AT	Ausnehmung in der Trägerplatte
KF	Anschlussflächen am IC-Bauelement
BD	Bonddraht
EU	Eutektikum
AF	Anschlüsse der Trägerplatte
DS	Deckschicht
AM	Ätzmaske
PL	Planarisierungsschicht
ABL	Ablösefolie
AS	Ätzstoppschicht
HW	Hilfswafer
VS	Vertikale Verbindungsstruktur
PS	Polysiliziumstruktur
BS	Bondstruktur
IG	Isoliergraben
SG	Strukturgraben
ST	Stützstruktur
OX	Oxid
SS	Polysiliziumstruktur

Patentansprüche

1. Mikrophon in MEMS Bauweise mit den Merkmalen:
 - auf einer Trägerplatte (TP) ist eine Dünnschichtaufbau (DS) aufgebracht, umfassend eine in einem freien Volumen schwingbare, elektrisch leitende Membran (MB) und eine im Abstand dazu angeordnete leitfähige Schicht (LS), die mit der Membran einen Kondensator ausbildet,
 - die Trägerplatte ist mit einer integrierten Schaltung umfassenden IC-Bauelement (ICB) mechanisch fest verbunden,
 - die elektrisch leitende Membran und die leitfähige Schicht sind elektrisch mit der integrierten Schaltung im IC-Bauelement verbunden.
2. Mikrophon nach Anspruch 1, bei dem Membran (MB) und elektrisch leitfähige Schicht (LS) aus Polysilizium ausgebildet sind.
3. Mikrophon nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Membran (MB) und die leitfähige Schicht (LS) mit der integrierten Schaltung über Bonddrähte (BD) elektrisch verbunden sind.
4. Mikrophon nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Trägerplatte (TP) elektrisch leitfähig eingestellt ist und bei dem die Membran (MB) und die leitfähige Schicht (LS) mit der integrierten Schaltung über die Trägerplatte elektrisch verbunden sind.
5. Mikrophon nach Anspruch 4, bei dem die elektrisch leitenden Verbindungen innerhalb des Dünnschichtaufbau (DS) mittels Polysilizium ausgeführt ist,

bei dem die Trägerplatte (TP) elektrisch leitend und bei dem Trägerplatte und Polysilizium so strukturiert sind, dass eine gegeneinander isolierte elektrische Anbindung der Membran (MB) und der leitfähigen Schicht (LS) an entsprechende Kontaktflächen (KF) auf der Oberseite des IC-Bauelements (ICB) ermöglicht ist, wobei die mechanische und elektrische Verbindung von Trägerplatte und IC-Bauelement über die gleichen Verbindungsstellen erfolgt.

6. Mikrophon nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Trägerplatte (TP) unterhalb der Membran (MB) eine Ausnehmung (AN) aufweist, bei dem oberhalb der Membran im Abstand zu ihr eine starre Deckschicht (DS) angeordnet ist, die mit der leitfähigen Schicht (LS) beschichtet ist und die Schalleintrittsöffnungen (SO) aufweist.

7. Mikrophon nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die mechanische und elektrische Verbindung von Trägerplatte (TP) und IC-Bauelement (ICB) über ein elektrisch leitfähiges Silizium/Gold Eutektikum (EU) gewährleistet ist.

8. Mikrophon nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das IC-Bauelement (ICB) eine integrierte Schaltung zur Aufbereitung und Verarbeitung der elektrischen Signale des von Membran (MB) und leitfähiger Schicht (LS) gebildeten Kondensators umfasst.

9. Verfahren zur integrierten Herstellung eines Mikrophons in MEMS Bauweise,
- bei dem auf einer Trägerplatte (TP) in Form eines Wafers ein Dünnschichtaufbau (DA) mit einer Vielzahl von gleichartigen Einheiten erzeugt wird, die jeweils zumindest ei-

ne zwischen zwei Pufferschichten (PS1, PS2) eingebettete, elektrisch leitende Membran (MB) und eine darüber angeordnete leitfähige Schicht (LS) umfassen,

- bei dem von der Unterseite der Trägerplatte (TP) her in dieser unterhalb der Membran eine Ausnehmung (AN) erzeugt und dort die Unterseite der Membran freigelegt wird,
- bei dem die Trägerplatte mit einem, eine entsprechende Vielzahl von gleichartigen IC Bauelementen (ICB) aufweisenden Halbleiter-Wafer durch Waferbonden verbunden wird,
- bei dem Schnitte zumindest durch den Halbleiter-Wafer geführt werden, wobei die MEMS Mikrophone samt zugehörigen IC-Bauelementen vereinzelt werden
- bei dem Membran und elektrisch leitfähige Schicht einer jeden Einheit des Dünnschichtaufbau mit den Anschlussflächen (KF) des dazugehörigen IC-Bauelements verbunden wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

- bei dem der Dünnschichtaufbau (DA) nach der Herstellung mit einer wieder ablösbaren Zwischenschicht (ABL) versehen wird, die eine plane Oberfläche aufweist,
- bei dem auf die Oberfläche der Zwischenschicht ein Hilfswafer (HW) aufgebondet wird,
- bei dem die Trägerplatte (TP) danach durch Materialabtrag von unten gedünnt wird,
- bei dem nach dem Verbinden der Trägerplatte mit dem IC-Bauelement (ICB) der Hilfswafer und die Zwischenschicht wieder entfernt werden
- bei dem nach dem Waferbonden oder nach dem Vereinzeln der MEMS Mikrophone die Membran (MB) auch von oben durch Schalleintrittsöffnungen (SO) hindurch von der oberen Pufferschicht (SS2) befreit und somit freigelegt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
bei dem nach dem Dünnen die untere Pufferschicht (PS1) im
Membranbereich durch Ätzen entfernt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
bei dem das Waferbonden zwischen Trägerplatte (TP) und Halb-
leiter-Wafer mittels eutektischem Bonden durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
- bei dem eine elektrisch leitfähige Trägerplatte (TP) ver-
wendet wird,
- bei dem im Dünnschichtaufbau (DA) eine Verschaltungsstruk-
tur aus Polysilizium (SS) erzeugt wird, die elektrisch
voneinander getrennte Zuleitungen jeweils von der Membran
(MB) und der leitfähigen Schicht (LS) zur Trägerplatte
schafft
- bei dem zusammen mit der Erzeugung der Ausnehmung (AT) un-
terhalb der Membran die Trägerplatte so strukturiert wird,
dass auf ihrer Unterseite getrennte elektrische Anschlüsse
für die Membran und die leitfähige Schicht geschaffen wer-
den,
- bei dem durch das Waferbonden eine elektrische Verbindung
dieser Anschlüsse mit entsprechenden Anschlussflächen auf
der Oberseite des IC-Bauelements geschaffen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
bei dem im Dünnschichtaufbau (DA) eine untere Pufferschicht
(PS1), die Membran (MB) und darüber eine obere Pufferschicht
(PS2), die elektrisch leitende Schicht (LS) und darüber ein
starre Deckschicht (DS) erzeugt wird,

bei dem die Schalleintrittsöffnungen (SO) in Deckschicht und leitfähiger Schicht bis zur oberen Pufferschicht (PS2) erzeugt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem als Zwischenschicht eine Planarisierungsschicht (PS) und darüber eine Ablösefolie (ABL) aufgebracht werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, bei dem als Trägerplatte (TP) ein Siliziumwafer verwendet wird und bei für die Ausnehmungen (AT) und die Strukturierung der Trägerplatte von der Unterseite her ein tiefreichender reaktiver Ionenätzprozess eingesetzt wird, wobei nicht zu ätzende Bereiche vorher mit einer photolithographisch strukturierten Ätzmaske (AM) bedeckt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, bei dem unterhalb des Dünnschichtaufbaus (DA) eine Ätzstopp-schicht (AS) vorgesehen wird.

FIG 1

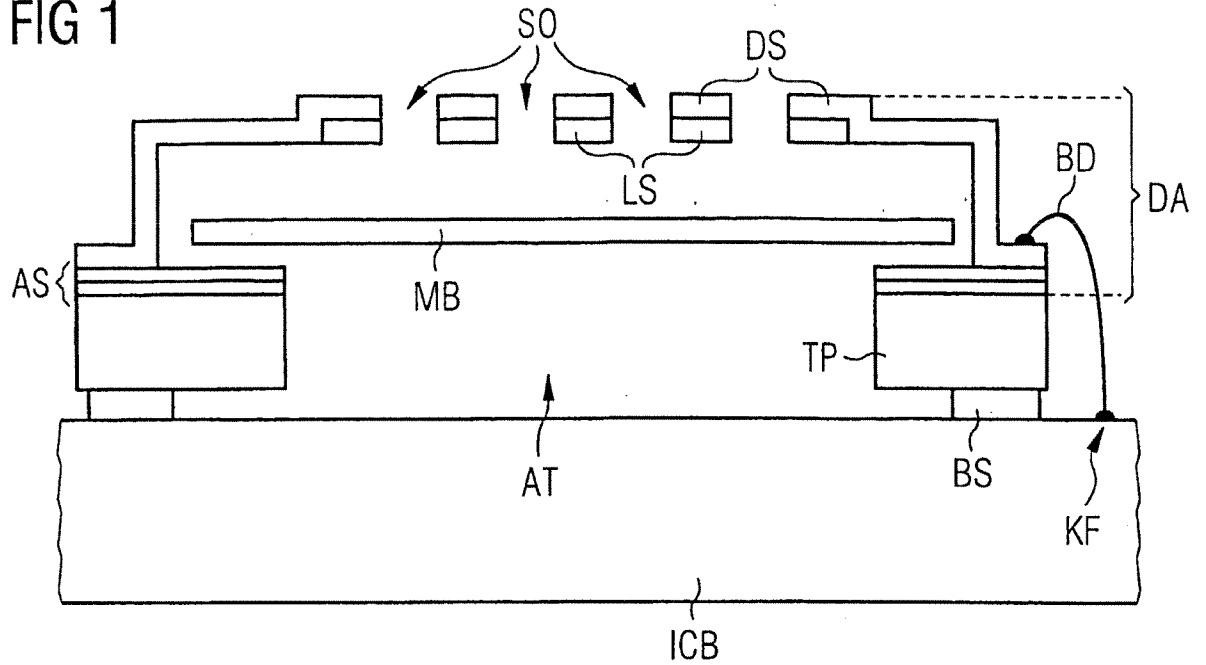


FIG 2

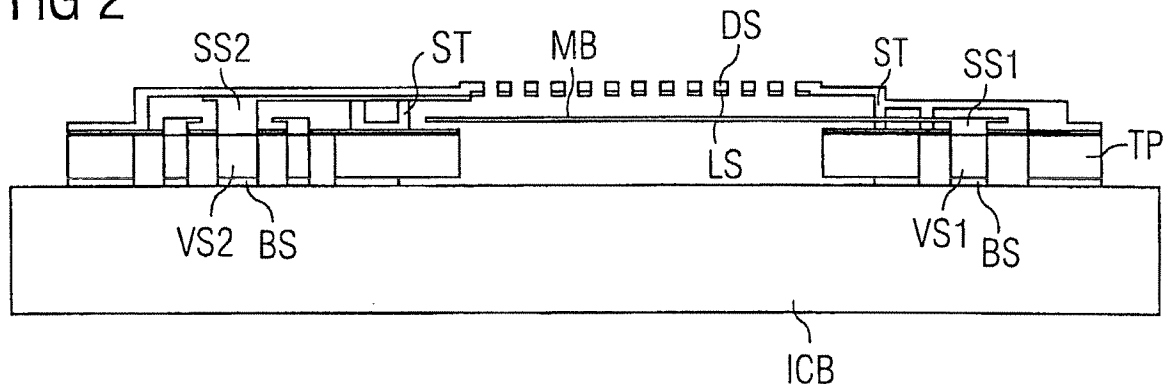
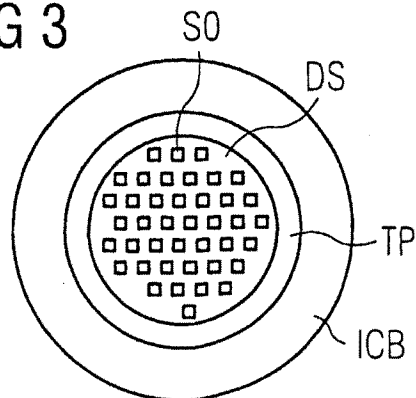
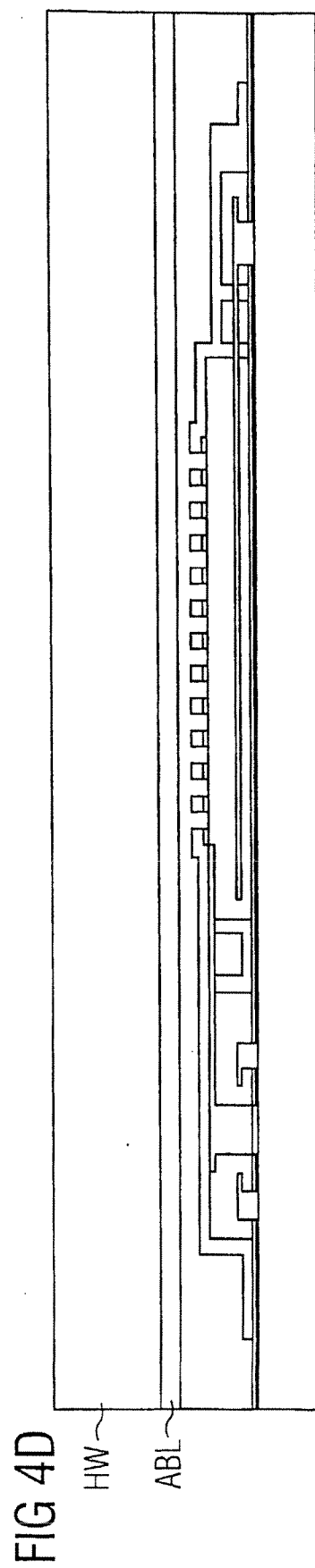
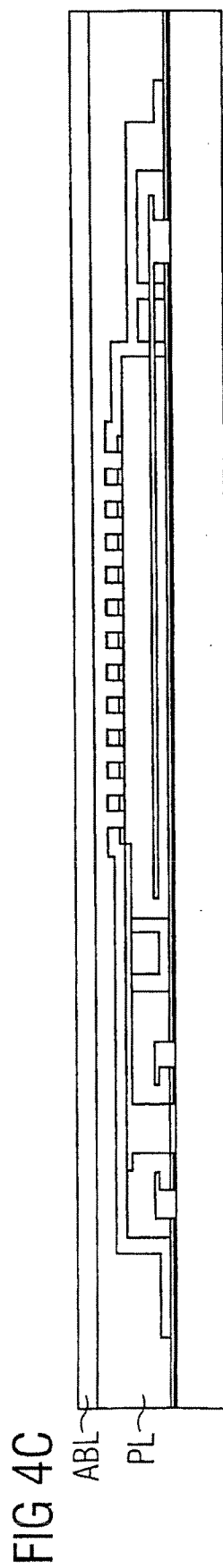
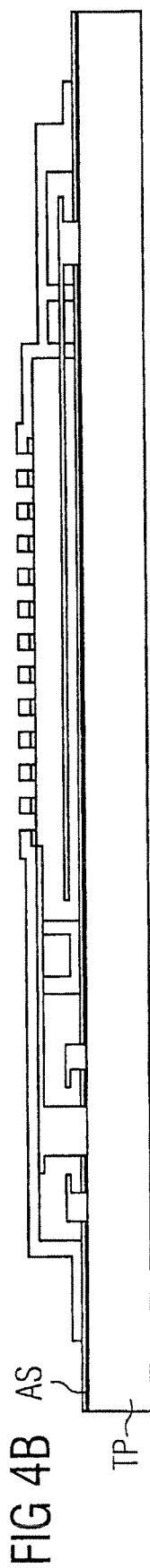
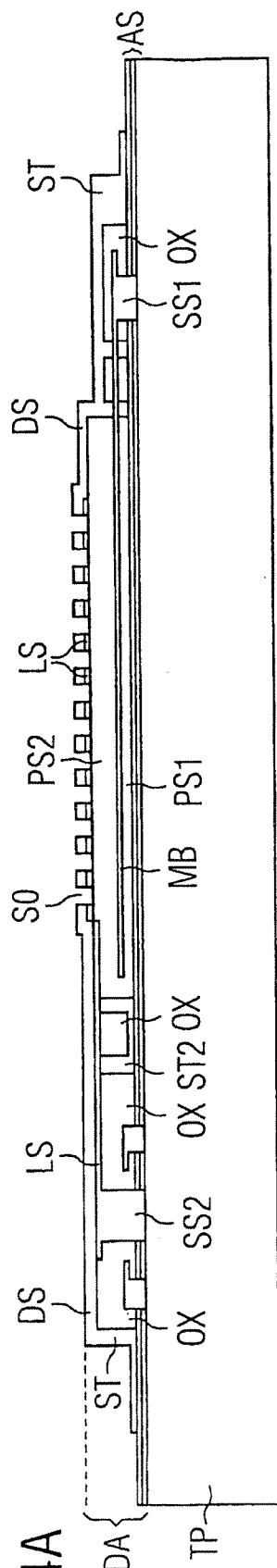
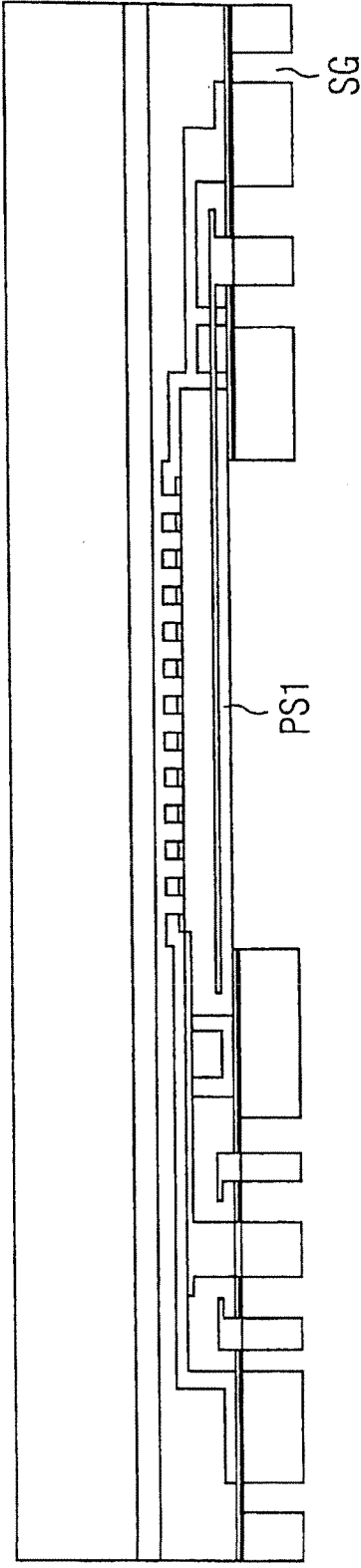
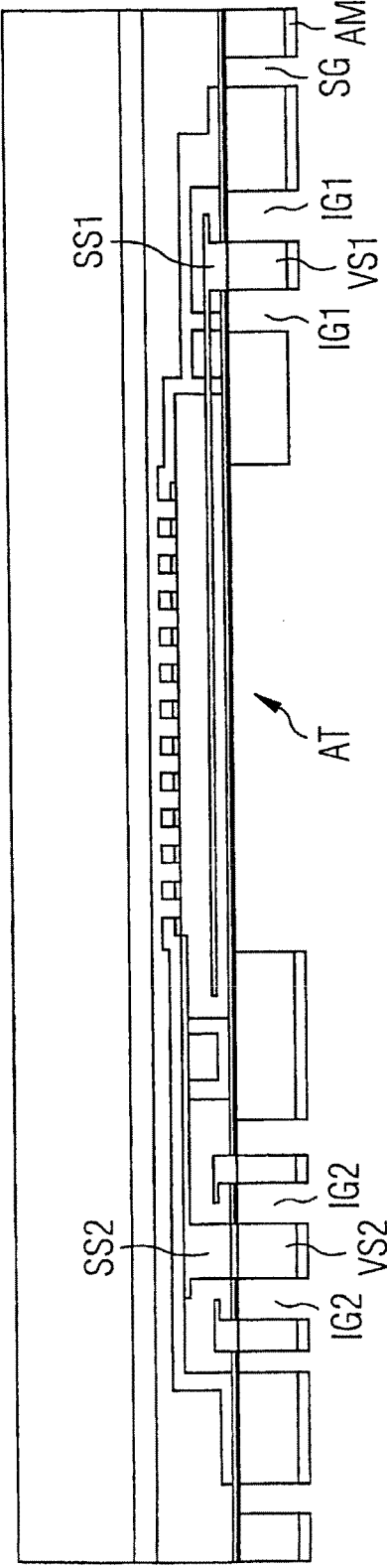
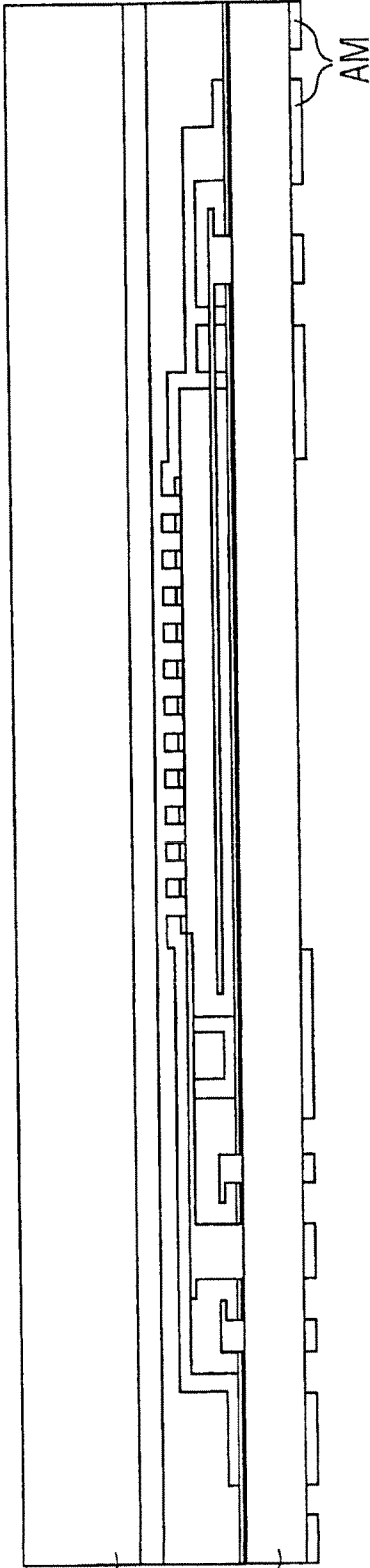


FIG 3







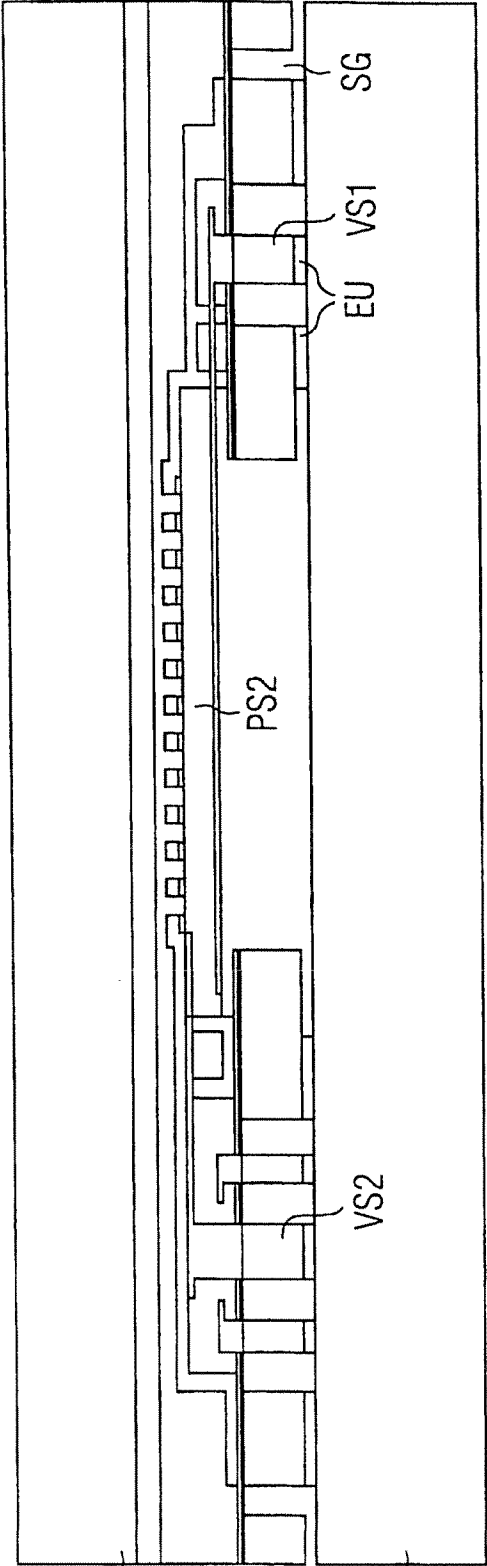
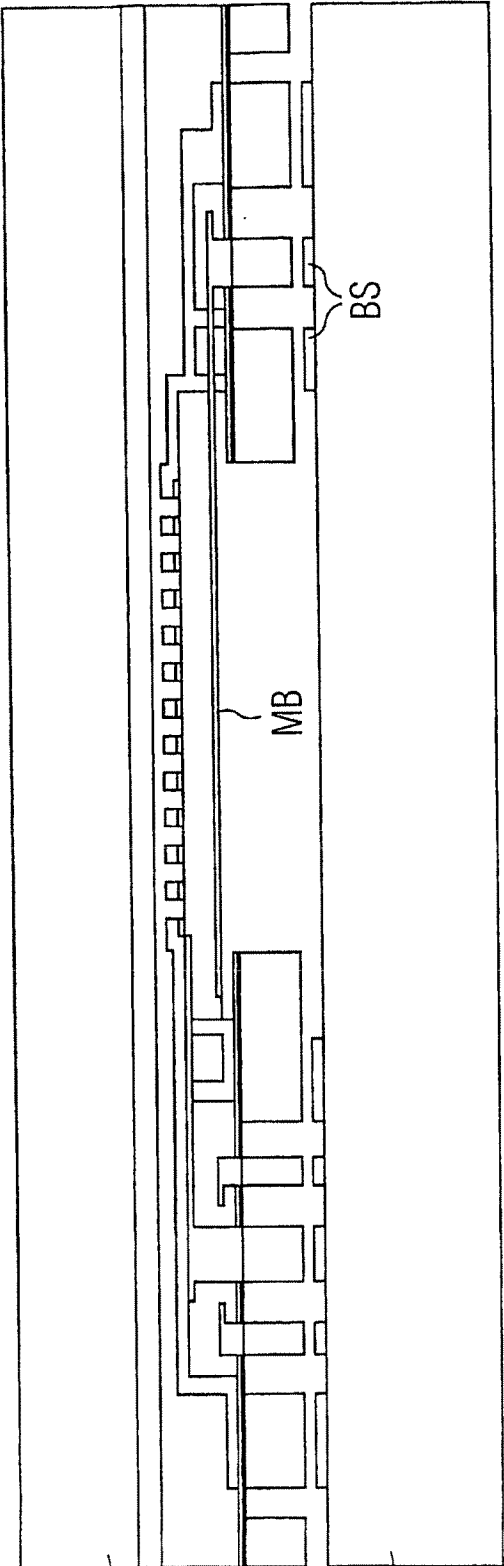
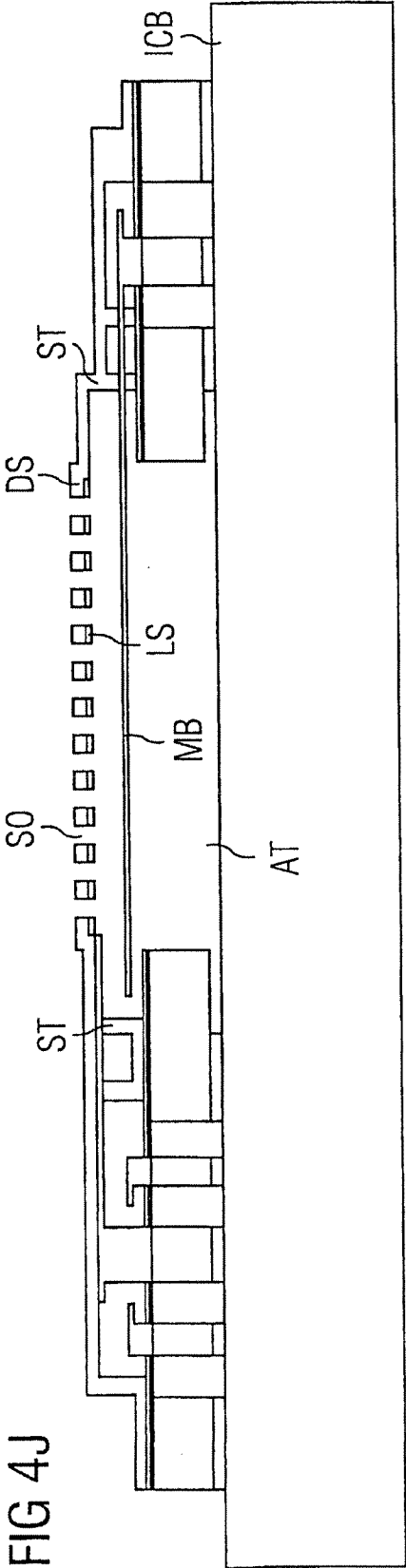


FIG 4J



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

/EP2005/010974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04R19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHEDMinimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 01/19133 A (MICROTRONIC A/S; MUELLENBORN, MATTHIAS; SCHEEL, PETER, U) 15 March 2001 (2001-03-15) the whole document	1 5,6,8,9, 16
X Y A	US 5 889 872 A (SOORIAKUMAR ET AL) 30 March 1999 (1999-03-30) the whole document ----- -/--	1-3 9 5-8, 10-17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 2006

Date of mailing of the international search report

01/02/2006

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fobel, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

/EP2005/010974

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 5 659 195 A (KAISER ET AL) 19 August 1997 (1997-08-19) column 1, lines 7-10 column 1, line 66 - column 2, line 8 column 2, line 65 - column 3, line 9 column 3, line 61 - column 4, line 22 column 4, lines 33-35,45-47 column 7, lines 51-63 -----	9 7,12,14, 17
A	US 6 500 760 B1 (PETERSON KENNETH A ET AL) 31 December 2002 (2002-12-31) the whole document -----	7,12
A	EP 1 191 810 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA; HOSIDEN CORPORATION) 27 March 2002 (2002-03-27) paragraphs '0001!', '0011!', '0014!', '0017!', '0028!'; figures 1-4,6 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

/EP2005/010974

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0119133	A	15-03-2001	AT 243406 T	15-07-2003
			AU 6984000 A	10-04-2001
			CA 2383901 A1	15-03-2001
			CN 1387740 A	25-12-2002
			DE 60003441 D1	24-07-2003
			DE 60003441 T2	29-04-2004
			DK 1219136 T3	25-08-2003
			EP 1219136 A1	03-07-2002
			JP 2003508997 T	04-03-2003
			PL 354000 A1	15-12-2003

US 5889872	A	30-03-1999	NONE	

US 5659195	A	19-08-1997	WO 9642111 A1	27-12-1996

US 6500760	B1	31-12-2002	NONE	

EP 1191810	A	27-03-2002	CN 1366785 A	28-08-2002
			WO 0182649 A1	01-11-2001
			US 2002172384 A1	21-11-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

/EP2005/010974

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

H04R19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/19133 A (MICROTRONIC A/S; MUELLENBORN, MATTHIAS; SCHEEL, PETER, U) 15. März 2001 (2001-03-15)	1
A	das ganze Dokument	5,6,8,9, 16
X	US 5 889 872 A (SOORIAKUMAR ET AL) 30. März 1999 (1999-03-30)	1-3
Y	das ganze Dokument	9
A		5-8, 10-17
	----- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Januar 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/02/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fobel, O

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

/EP2005/010974

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 659 195 A (KAISER ET AL) 19. August 1997 (1997-08-19)	9
A	Spalte 1, Zeilen 7-10 Spalte 1, Zeile 66 - Spalte 2, Zeile 8 Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 3, Zeile 9 Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 22 Spalte 4, Zeilen 33-35,45-47 Spalte 7, Zeilen 51-63 -----	7,12,14, 17
A	US 6 500 760 B1 (PETERSON KENNETH A ET AL) 31. Dezember 2002 (2002-12-31) das ganze Dokument -----	7,12
A	EP 1 191 810 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA; HOSIDEN CORPORATION) 27. März 2002 (2002-03-27) Absätze '0001!, '0011!, '0014!, '0017!, '0028!; Abbildungen 1-4,6 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröff

die zur selben Patentfamilie gehören

ationales Aktenzeichen

/EP2005/010974

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0119133 A	15-03-2001	AT 243406 T	15-07-2003
		AU 6984000 A	10-04-2001
		CA 2383901 A1	15-03-2001
		CN 1387740 A	25-12-2002
		DE 60003441 D1	24-07-2003
		DE 60003441 T2	29-04-2004
		DK 1219136 T3	25-08-2003
		EP 1219136 A1	03-07-2002
		JP 2003508997 T	04-03-2003
		PL 354000 A1	15-12-2003
US 5889872 A	30-03-1999	KEINE	
US 5659195 A	19-08-1997	WO 9642111 A1	27-12-1996
US 6500760 B1	31-12-2002	KEINE	
EP 1191810 A	27-03-2002	CN 1366785 A	28-08-2002
		WO 0182649 A1	01-11-2001
		US 2002172384 A1	21-11-2002